

Aus der Medizinischen Klinik der Universität Marburg
Direktor: Prof. Dr. med. G.A. Martini

HFAK 4

RP 5

GL 13,5

GL 17

KLINISCHER TEST VON VIER DIALYSATOREN

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin

dem Fachbereich Humanmedizin der

Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

RAINER HARALD FRANCKENBERG

aus Hannover

Marburg 1978

Druck: Görich & Weiershäuser, Marburg

Aus der Medizinischen Klinik der Universität Marburg
Direktor: Prof. Dr. med. G. A. Martini

HFAK 4
RP 5
GL 13,5
GL 17

KLINISCHER TEST VON VIER DIALYSATOREN

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin

dem Fachbereich Humanmedizin der

Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

RAINER HARALD FRANCKENBERG

aus Hannover

Marburg 1978

Druck: Görich & Weiershäuser, Marburg



Angenommen vom Fachbereich Humanmedizin
der Philipps-Universität Marburg am 22.9.1978

gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs

Dekan: Prof. Dr. med. F. Neurath

Referent: Prof. Dr. med. E. Lange

Correferent: Doz. Dr. med. W.-D. Gassel

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I EINLEITUNG	1
II METHODIK	2
A Vergleich der Dialysatoren	2
B Versuchsbedingungen	2
1. Dialyseanlage	2
2. Zahl der getesteten Dialysatoren	2
3. Dialysedauer	3
4. Handhabung und Heparinisierung	3
5. Hämatokrit	4
6. Negativer Druck	4
7. Einlaufdruck	4
8. Dialysatflow	4
C Meßmethoden	5
1. Dialysance	5
2. Blutflow	6
3. Ultrafiltration	7
4. Restblutbestimmung	7
III ERGEBNISSE	8
1. Dialysance von Harnstoff, Harnsäure, Kreatinin	8
2. Konzentration von Harnstoff, Harnsäure, Kreatinin am Ende der Dialyse im ar- teriellen Blut	10
3. Restblut	11
4. Ultrafiltration	11
IV DISKUSSION	14
1. Dialysance	14
2. Restblut und Gasentwicklung	15
3. Ultrafiltration	19
V ZUSAMMENFASSUNG	21
VI ABBILDUNGEN	22
VII STATISTISCHER ANHANG	40
VIII LITERATURVERZEICHNIS	52



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41551902_0061

I EINLEITUNG

Im Sommer 1973 wurden an der Marburger Universitätsklinik vier Dialysatoren getestet: Die GL 17 und GL 13,5 der schwedischen Firma Gambro mit 17 μ bzw. 13,5 μ Membrandicke, die RP 5 von Rhone Poulenc (Frankreich) mit 12 μ dicker Membran - alle drei Plattennieren - und die HFAK 4, eine Kapillarniere der Firma Cordis (Holland) mit 30 μ starker Membran.

Zwei Fragen standen dabei im Vordergrund:

1. Mit welchem Dialysator ist die Dialysebehandlung in Marburg am besten weiterzuführen ? Als Kriterium hierfür galten eine möglichst hohe Dialysance von Harnstoff, Harnsäure und Kreatinin, möglichst geringer Blutrückstand in der Niere und eine nicht zu große Zwangsultrafiltration.
2. Lassen sich die Ergebnisse ähnlicher Untersuchungen an anderen Universitäten auf Marburg übertragen ? Welche Gründe sind für möglicherweise abweichende Ergebnisse verantwortlich ?

II METHODIK

A Vergleich der Dialysatoren

Dialysator	Wirksame Oberfläche (m ²)	Membran- dicke (μ)	Füllvol. (ml) ohne Schlauch- system	Sterili- sation
HFAK 4	1,3	30	108	Formalin
RP 5	1,03	12	170	Gas
GL 13,5	1,0	13,5	180	Gas
GL 17	1,0	17	180	Gas

Die drei Plattennieren RP 5, GL 13,5 und GL 17 unterscheiden sich lediglich bezüglich der Membrandicke, wobei die RP 5 mit 12 μ die dünnste Membran bietet. Gambro stellt zwei Modelle mit 13,5 μ und 17 μ Membran zur Auswahl. Wirksame Oberfläche, Füllvolumen und Sterilisation sind bei allen Plattennieren weitgehend gleich. Die HFAK 4- die Kapillar- oder Hohlfaserniere - dagegen hat eine 30 μ starke Membran, eine um 30 % größere wirksame Oberfläche, dabei ein um 40 % geringeres Füllvolumen und wird mit Formalin gefüllt geliefert.

B Versuchsbedingungen

1. Dialyseanlage

Zur Dialyse wurden folgende Geräte eingesetzt:
Der Nephromat d.p.m. der Firma Godart, Holland
(Dialysatzubereitung), Konsolen von Sweden
Freezer aus Seattle, USA, Blutpumpen von Drake
Willock und Braun Perfusor Heparinpumpen.

2. Zahl der getesteten Dialysatoren

Im Laufe regulärer Dialysen wurden am Patienten
16 Nieren des Typs HFAK 4,13 RP 5,12 GL 13,5 und
9 GL 17 getestet.

3. Dialysedauer

Mit der Kapillarniere wurde durchschnittlich 8 Std. 24 min, mit den Plattenmieren 10 Std. 22 min dialysiert.

4. Handhabung und Heparinisierung

Die Nieren wurden nach Vorschrift der Firmen aufgebaut. Da die Vorläuferin der HFAK 4 - das Modell Nr. 3 - durch sehr hohe Blutrückstände aufgefallen war (1,2,5), wurde von Anfang an durch verbesserte Heparinisierung versucht, diesem Nachteil abzuhefen. Bei der Ausspülung des Formalins mit zwei Litern NaCl wurden dem zweiten Liter 5000 E Heparin beigegeben, sodaß Niere und Schlauchsystem vor der Dialyse mit heparinhaltiger NaCl-Lösung aufgefüllt waren. Die weitere Heparinisierung erfolgte bei allen Nieren gleichermaßen. In beide Kanülen wurden unmittelbar nach Einstich in den Shunt je 1000 E Heparin, in das zuerst in den arteriellen Schlauch fließende Blut 5000 E Heparin gespritzt. Dabei erfolgte durch dauerndes Heben und Senken des Heparinspritzenstempels eine kontinuierliche - und keine Bolusapplikation - Beimischung von Heparin zum arteriellen Blut. Während der ersten beiden Stunden der Dialyse pumpte eine Heparinpumpe kontinuierlich 1200 E Heparin pro Stunde in den arteriellen Schlauch vor der Niere, die übrige Zeit 480 E pro Stunde. Diese Dosierung liegt erheblich unter der von F. ALBERT u. a. (3) empfohlenen von 2500 E Heparin zu Beginn und 1500 E stündlich während der Dialyse. Wie die Restblutwerte zeigen, ist die hier applizierte Heparindosis aber völlig ausreichend. Je nach Gerinnungsfähigkeit des Patientenblutes lief die Heparinpumpe bis zum Ende der Dialyse oder wurde eine halbe Stunde vorher abgestellt. Bei Bedarf (frischer Shunt am anderen Arm, floride Magenulzera,

unmittelbar nach Nierentransplantation) wurde kontinuierlich eine entsprechende Menge Protamin in den venösen Schlauch hinter die Niere gegeben. Beim Abschluß des Patienten von der Niere wurde das in der Niere und Schlauchsystem befindliche Blut mit 250 ml NaCl, das Kochsalz wiederum mit Luft in das venöse Schlauchsystem hinter der Niere gedrückt.

5. Hämatokrit.

Der Hämatokrit wurde in der Auswertung nicht berücksichtigt, da er bei den Patienten über den Versuchszeitraum keine größeren Schwankungen zeigte und jeder Patient mit mindestens drei der vier Nieren dialysiert wurde. Dabei wurde stillschweigend vorausgesetzt, daß Blutvolumen gleich Plasmavolumen sei, wie es auch bei anderen Autoren (1, 6) zu finden ist.

6. Negativer Druck

Der negative Druck wurde nicht konstant gehalten, sondern dem jeweiligen Ultrafiltrationsbedarf des Patienten angepaßt. Er lag über alle Dialysen zwischen -5 und -100 mm Hg.

7. Einlaufdruck

Der Einlaufdruck, d.h. der Druck, der durch die Durchgängigkeit der venösen Seite des Shunts bestimmt wird, lag über alle Dialysen zwischen 10 und 110 mm Hg.

8. Dialysatflow

Das nicht entgaste Dialysat floß konstant mit 500 ml pro Minute bei einer Temperatur von 37 - 39 Grad Celsius.

C Meßmethoden

1. Dialysance

Die Dialysance wurde berechnet nach der Formel:

$$D = \frac{F (A - V)}{A}$$

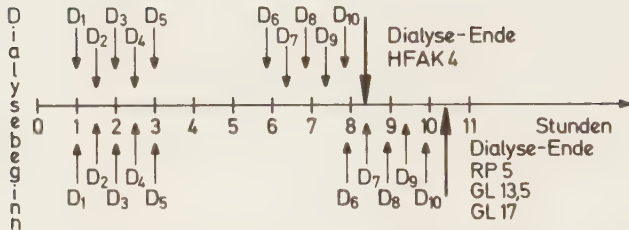
D = Dialysance (ml/min) von Harnstoff, Harnsäure, Kreatinin

F = Flow (ml/min)

A, V = arterielle bzw. venöse Konzentration der untersuchten Substanz (mg/%) ohne Korrektur für Hämatokrit (Harnstoff, Harnsäure und Kreatinin wurden im Routinelabor der Klinik über Autoanalyser bestimmt).

Die Dialysance wurde bei Blutstromstärken zwischen 140 und 270 ml/min gemessen und in Bereiche aufgeteilt, die sich um 15 ml unterschieden. Für jeden Bereich wurden mittlere Dialysance mit Standardabweichung, Fehler der Standardabweichung und der Variabilitätskoeffizient errechnet. Die Blutproben - je 2 ml - wurden aus dem arteriellen und dem venösen Schlauch entnommen. Eine Stunde nach Dialysebeginn erfolgte die erste Dialysancebestimmung. Dieser schlossen sich vier weitere im Abstand von je 30 Minuten an. Schließlich erfolgten fünf Dialysancebestimmungen ebenfalls in halbstündlichen Abständen vor Ende der Dialyse (siehe folgendes Diagramm). Dadurch sollte ein möglicher Leistungsabfall der Nieren im Laufe der Dialyse nachgewiesen bzw. ausgeschlossen werden.

Abb. über Versuchsaufbau



D₁ - D₁₀ geben den Zeitpunkt der Blutentnahme zur Dialysancekontrolle an, über der Stunden-Markierung für die Kapillarnieren, darunter für die Plattenkammern. Dabei wird auch die um 2 Stunden längere Dialysedauer mit den Plattenkammern gegenüber der Kapillarnieren deutlich.

2. Blutflow

Mit der Luftblasenmethode wurde ein Flowbereich von 140-270 ml/min. gemessen. Dank eines von J. LAAS u.a. (4) entwickelten Meßgerätes konnte die Fehlerbreite der Flowmessungen unter 1 % gehalten werden. Bei diesem Gerät löst die Front der durch das Schlauchsystem fließenden Luftblase an zwei 50 cm voneinander entfernten Photozellen je einen elektrischen Impuls aus, der zur Zeitmessung benutzt wird. Der Flow wurde eine halbe Stunde vor Entnahme einer Blutprobe eingestellt und unmittelbar vor Entnahme noch einmal überprüft.

3. Ultrafiltration

Aus dem Gewichtsverlust während der Dialyse plus dem zugeführten Infusionsvolumen ergab sich die Ultrafiltration der Nieren, geteilt durch die Dialysedauer die Ultrafiltration pro Stunde. Flow und negativer Druck wurden dem jeweiligen Ultrafiltrationsbedarf des Patienten angepaßt, eventuelle Nahrungsaufnahme wurde nicht zurückgewogen. Der Gewichtsverlust wurde fortlaufend mit Bettenwaagen der Firmen Seca und Dr. Fresenius gemessen und nach der Dialyse durch Wiegen des Patienten auf einer geeichten Personenwaage kontrolliert.

4. Restblutbestimmung

Nach Abschluß des Patienten wurden Dialysator und Schlauchsystem mit 500 ml NaCl durchgespült. Die Hämoglobinbestimmung in der Spülflüssigkeit erfolgte photometrisch nach der Cyanidmethode (7) im Routinelabor der Klinik.

III ERGEBNISSE

1. Dialysance von Harnstoff, Harnsäure, Kreatinin

Tab. 1 Übersicht über die Dialysance von Harnstoff, Harnsäure und Kreatinin bei Blutstromstärken von 150, 200 und 250 ml/min.

a) Harnstoff-Dialysance, Mittelwert mit Standardabweichung (ml/min)

	Blutstromstärke (ml/min)					
	150		200		250	
HFAK 4	123,7	$\pm$ 8,24	153,7	$\pm$ 13,03	165	$\pm$ 15,58
RP 5	91,7	$\pm$ 16,39	106,2	$\pm$ 31	120,5	$\pm$ 36,07
GL 13,5	93	$\pm$ 23,26	98,8	$\pm$ 16,27	110,6	$\pm$ 28,24
GL 17	93,8	$\pm$ 7,02	100	$\pm$ 20,61	116,4	$\pm$ 9,66

b) Harnsäure-Dialysance, Mittelwert mit Standardabweichung (ml/min)

	Blutstromstärke (ml/min)					
	150		200		250	
HFAK 4	88,7	$\pm$ 14,8	102,2	$\pm$ 17,65	107,9	$\pm$ 12,6
RP 5	68	$\pm$ 13,42	71,4	$\pm$ 20,6	81,8	$\pm$ 35,14
GL 13,5	69,8	$\pm$ 15,86	73	$\pm$ 15,66	73,2	$\pm$ 22,69
GL 17	58,5	$\pm$ 12,66	69,6	$\pm$ 20,91	76,5	$\pm$ 13,15

c) Kreatinin-Dialysance, Mittelwert mit Standardabweichung (ml/min)

	Blutstromstärke (ml/min)					
	150		200		250	
HFAK 4	92,7	$\pm$ 12,56	112,5	$\pm$ 14,32	115,9	$\pm$ 14,9
RP 5	65,8	$\pm$ 11,69	78	$\pm$ 20,43	83,4	$\pm$ 18,52
GL 13,5	65,6	$\pm$ 14,13	70	$\pm$ 11,22	81,5	$\pm$ 29,78
GL 17	67,7	$\pm$ 5,2	74,8	$\pm$ 18,05	79,9	$\pm$ 8,32

Wie aus den Tabellen und den Kurven 1-6 ersichtlich, übertrifft die Kapillarniere bezüglich der Dialysance von Harnstoff, Harnsäure und Kreatinin - also im Bereich niedrigen Molekulargewichts - eindeutig die Plattennieren. Die Dialysancewerte der drei Plattennieren unterscheiden sich nicht wesentlich voneinander. Die Streuung um den Mittelwert ist - wie die Standardabweichung zeigt - bei der Kapillarniere deutlich geringer als bei den Plattennieren. Erwähnenswert ist, daß die Herabsetzung der Membrandicke von 17 auf 13,5 μ bei den Gambronieren keine bessere Dialysance, wohl aber eine größere Standardabweichung erbrachte. Die ausgeprägteste Standardabweichung zeigte die RP 5 mit der 12 μ starken Membran. Dies geht aus den Kurven 7 - 18 deutlicher hervor als aus den oben aufgeführten Tabellen mit ausgesuchten Flowwerten.

Aus den Kurven 7 - 18 läßt sich auch der Abfall der Dialysancewerte im Laufe der Dialyse ansehen. Der stärkste Abfall der Dialysancewerte des Nachmittags gegenüber denen des Vormittags betrug bei der HFAK 4 16 %, bei der RP 5 44 %, bei der GL 13,5 36 % und bei der GL 17 29 %.

Dabei muß man allerdings berücksichtigen, daß die errechneten Mittelwerte der Nachmittags-Dialysance zum Teil auch über denen des Vormittags lagen und daß die Differenzen der Vor- und Nachmittagswerte über den gemessenen Blutstrombereich sehr stark schwankten. Angesichts der Kurven 7 - 18 darf man davon ausgehen, daß im Laufe der Dialyse ein Leistungsverlust - bezüglich der Dialysance - von bis zu 30 % angenommen werden muß, bei der Kapillarniere deutlich geringer ausgeprägt als bei den Plattennieren.

2. Konzentration von Harnstoff, Harnsäure und Kreatinin am Ende der Dialyse im arteriellen Blut

In der letzten Blutprobe unmittelbar am Ende der Dialyse wurde die im Patientenblut verbleibende Konzentration von Harnstoff, Harnsäure und Kreatinin gemessen. Obwohl der Blutspiegel dieser Substanzen vor der Dialyse bei den einzelnen Patienten unterschiedlich war und mit den Plattennieren 2 Stunden länger dialysiert wurde, weisen die Ergebnisse von 52 Dialysen daraufhin, daß die Patienten nach einer Dialyse mit der Kapillarniere mit einer geringeren Konzentration der genannten Stoffe in das dialysefreie Interwall entlassen werden als nach einer Dialyse mit einer der drei Plattennieren (Tab. 2).

Tab. 2 Durchschnittliche Konzentration von Harnstoff, Harnsäure, Kreatinin bei Dialyseende im arteriellen Blut (n = 52) (mg/%)

	Harnstoff	Harnsäure	Kreatinin
HFAK 4	29,7	3,4	2,2
RP 5	50,0	4,5	3,8
GL 13,5	43,0	4,9	2,8
GL 17	49,0	5,1	3,0

3. Restblut

Der Hämoglobingehalt in den 500 ml Spülflüssigkeit war bei allen Nieren ungefähr gleich, nur bei der GL 17 deutlich höher (Tab. 3).

Tab. 3 Hämoglobin (g) in 500 ml Spülflüssigkeit (NaCl)

	Hb (g) Mittelwert mit Standardabweichung	n
HFAK 4	0,57 $\pm$ 0,03	16
RP 5	0,55 $\pm$ 0,03	13
GL 13,5	0,51 $\pm$ 0,04	10
GL 17	1,04 $\pm$ 0,11	5

Die für die HFAK 4, RP 5 und GL 13,5 gefundenen Werte von 0,57 bis 0,51 g Hb in 500 ml Spülflüssigkeit und von 1,04 g Hb für die GL 17 geben allerdings nicht das ganze Restblutvolumen an. Zur Erfassung der nicht ausspülbaren Blutrückstände wurden die Nieren nach der Dialyse geöffnet. Dabei zeigte sich, daß bei der Kapillarniere nur ein kleiner Teil der randständigen Kapillaren geronnen war, deren Blutvolumen auf höchstens 3 ml geschätzt wurde. Zwischen den Membranen der Plattennieren fand sich die doppelte bis dreifache Menge Blut. Diese Werte lassen sich durchaus mit den in der Literatur gefundenen vergleichen (1, 5).

4. Ultrafiltration

Der Berechnung der Ultrafiltration liegen Messungen bei 12 Patienten zugrunde, die je 12 Mal mit der Kapillarniere und einer der drei Plattennieren dialysiert wurden. Es interessierte hier lediglich der Vergleich von Kapillar- und Plattennieren. Dabei

gingen wir von der Annahme aus, daß die Ultrafiltration der Plattennieren auf Grund gleicher Oberfläche und fast gleicher Membrandicke keine großen Unterschiede aufweisen würde (siehe S. 2 und Informationsmaterial der Herstellerfirmen). Aus diesem Grunde wurden die Ultrafiltrationswerte von RP 5, GL 13,5 und GL 17 zusammengefaßt.

Tab. 4 Ultrafiltration pro Dialyse (ml)

	n	Mittelwert (ml)	Stand. Abw.	Stand. Abw.F.	Var. Koeff.	-P (mm Hg)	ED (mm Hg)
HFAK 4	144	1556,92	438,4	89,45	0,28	58-92	10-110
Platten-N.	144	2294,08	410,8	83,87	0,18	13-58	10-110

Tab. 5 Ultrafiltration pro Stunde (ml/min)

	n	Mittelwert (ml/Std)	Stand. Abw.	Stand. Abw.F.	Var. Koeff.
HFAK 4	144	193,66	52,14	10,64	0,27
Platten-N.	144	220,92	41,87	8,54	0,19

Wie aus den Tabellen ersichtlich, liegt die Ultrafiltration pro Dialyse der Plattennieren mit 2294 ml erheblich über der der Hohlfaserniere mit 1557 ml. Wie die Werte der Ultrafiltration pro Stunde zeigen - Plattennieren 221 ml/Std., Kapillarniere 193 ml/Std. - spielt die bereits erwähnte längere Dialysezeit mit den Plattennieren dabei eine große Rolle, denn die Ultrafiltration pro Stunde unterscheidet sich nur um 27 ml. Der Wert einer statistischen Aussage wird allerdings durch die Tatsache erheblich eingeschränkt, daß die Ultrafiltration den Bedürfnissen des einzelnen Patienten angepaßt wurde. Deshalb wurden auch beim negativen Druck - der

zur Regulierung der Ultrafiltration dient - nur die Werte angegeben, zwischen denen er über alle Dialysen hin lag.

Gleiches gilt für den Einlaufdruck, der, von den Shuntverhältnissen abhängig, - Klemmen zur künstlichen Erhöhung wurden nicht verwendet - zwischen 10 und 110 mm Hg lag. Aufschluß über die Beziehung erwünschte Ultrafiltration zu Zwangsuptrafiltration gibt die Relation von angestrebtem Gewichtsverlust und zugeführten Infusionen (Tab. 6 und 7).

Tab. 6 Gewichtsverlust pro Dialyse (g)

	n	Mittelwert (g)	Stand.Abw.	Stand.Abw.F.	Var.Koeff.
HFAK 4	144	1031,50	508,52	103,82	0,49
Plat- ten-N.	144	1021,00	648,74	132,45	0,63

Tab. 7 Infusionsbedarf pro Dialyse (ml)

	n	Mittelwert (ml)	Stand.Abw.	Stand.Abw.F.	Var. Koeff.
HFAK 4	144	582,66	283,86	57,95	0,48
Plat- ten-N.	144	1206,25	418,45	85,43	0,35

Es zeigte sich, daß - um den gewünschten Gewichtsverlust von durchschnittlich 1 kg zu erhalten - bei Dialyse mit der Kapillarniere nur knapp die Hälfte - 583 ml - der Infusionsmenge zugeführt werden mußte wie bei den Plattennieren - 1206 ml.

IV DISKUSSION

1. Dialysance

Es hat sich bei diesen Versuchen gezeigt, daß die Kapillarniere den Plattenmieren bezüglich der Dialysance von Harnstoff, Harnsäure und Kreatinin um 20 - 100 % überlegen ist. Auch bezüglich des Restbluts lassen sich mit der Kapillarniere bei entsprechender Handhabung bessere Ergebnisse erzielen. Selbst ein Vergleich der Dialysancen bei einem Blutflow von 150 ml/min mit der Kapillarniere und 250 ml/min mit einer der drei Plattenmieren fällt zugunsten der HFAK 4 aus. Für Patienten, bei denen auf Grund schlechter Shuntverhältnisse nur ein langsamer Blutflow aufrecht erhalten werden kann, ist dies sicher ein wesentlicher Vorteil.

Die Dialysance der "middle molecules" mit höherem Molekulargewicht wurde nicht untersucht. HARTITSCH u.a. (6, 8, 9) stellten fest, daß sie von der Membrandicke abhängig ist, wobei die Dialysance um so besser ist, je dünner die Membran ausfällt. Sobald die Toxine in diesem Molekulargewichtsbereich im einzelnen bekannt sind, wird man die Nieren daraufhin genauer untersuchen müssen.

Bei Betrachtung der Dialysance - Kurven 7 - 18 bietet es sich nach Art der DIN Normen an, für einen effektiven Dialysator zu fordern, daß seine Dialysance über den ganzen Flowbereich ab 150 ml/min für Harnstoff über 120 ml/min und für Harnsäure und Kreatinin über 90 ml/min liegt. Zur Zeit erfüllen nur drei Nieren diese Kriterien: Die HFAK 4, die HFAK 5 und die Meltec Multipoint (1, 5, 6, 8). Für die beiden letztgenannten liegen keine eigenen Messungen vor, aber

aus anderen Arbeiten geht hervor, daß die Dialysance der Meltec Multipoint (1 m^2 Oberfläche) etwas unter und die der HFAK 5 ($2,5 \text{ m}^2$ Oberfläche) deutlich über der Dialysance der HFAK 4 liegt (1, 8). Bei der von GOTCH (8) u.a. erwogenen Möglichkeit, mit der HFAK 5 oder durch Koppelung von zwei HFAK 4 oder Gambro-Nieren die Dialysezeit auf vier oder noch weniger Stunden zu reduzieren, muß man sich allerdings fragen, in wie weit der einzelne Patient diese Belastung aushält. Einer Dialysance von 185 ml/min für Harnstoff und 166 ml/min für Kreatinin mit der HFAK 5 (8) könnten durch das Dysäquilibriumssyndrom und verstärkte Wadenkrämpfe natürliche Grenzen gesetzt sein.

Der Leistungsverlust der Dialysatoren bezüglich der Dialysance im Laufe der Dialyse läßt sich auf den Kurven 7-18 deutlich ablesen. Man muß davon ausgehen, daß im Laufe der Dialyse ein Leistungsverlust von bis zu 30 % eintreten wird, bei der Kapillarniere deutlich geringer ausgeprägt als bei den Plattennieren. Als Ursachen dafür kommen Thrombenbildung und Gasansammlungen auf der aktiven Oberfläche in Frage, über die im folgenden Abschnitt ausführlich gesprochen wird.

2. Restblut und Gasentwicklung

LINDSAY (2) stellte bei einem Vergleich von Spulen - mit Gambro Plattennieren fest, daß vor allem bei letzteren Thrombocyten - Fibrin Beläge trotz ausreichender Heparinisierung die Membran blockieren und so die effektive Oberfläche verringern (11, 13, 14). Da auch bei den hier durchgeführten Untersuchungen den Membranen festaufsitzende Thromben gefunden wurden, und zwar bei den Plattennieren in deutlich größerem Umfang als bei den Kapillarnieren, liegt der

Verdacht nahe, daß es sich dabei um eine konstruktions- oder materialbedingte Eigenart handelt. Eine sehr wahrscheinliche Ursache dürften die unterschiedlichen Strömungsverhältnisse in den Nieren sein. In der Kapillarniere herrscht - zumindest in den Kapillaren (200 μ Durchmesser entspricht dem Arteriolenlumen) - wohl eine gleichmäßige, laminare Strömung. Zwischen den Membranen der Plattennieren wird das Blut flächenhaft verteilt, wobei sicher Zonen turbulenter und solche langsamer, möglicherweise - auf Grund eines mechanischen Hindernisses - aufgehobener Strömung entstehen. Je geringer aber die Fließgeschwindigkeit des Blutes ist, desto größer wird die Gerinnungsneigung (2, 11, 13). MUIR fand (2, 11, 13), daß eine Geschwindigkeit von 5 cm pro Sekunde - das entspricht einem Flow von 110 ml/min - nicht unterschritten werden darf, da sonst mit Thrombenbildung gerechnet werden muß. Eine weitere Ursache für die Verringerung der aktiven Oberfläche und die Thrombenbildung stellen die zahllosen Gasbläschen dar, die in den Plattennieren vom Dialysat in das Blutkompartiment hinüberwechseln. Sichtbar wird dieses Phänomen in der Luftfalle, die bei den Plattennieren schnell voll Schaum war, sodaß der Blutspiegel alle 1 - 2 Stunden hochgezogen werden mußte.

Bedingt ist dies einmal durch das wechselnde Lösungsverhalten von Gas - in erster Linie N_2 und O_2 - in Wasser unterschiedlicher Temperatur. HARTITSCH u.a. (12) zeigten, daß bei 5° C etwa 27 ml Gas pro Liter Wasser gelöst sind, bei 37° C nur noch 15 ml. Das entweichende Gas wird aber nicht nur beim Aufheizen des Dialysats frei, sondern auch im Dialysatkompartiment der Niere. Eine mögliche Erklärung, warum das nur bei den Plattennieren zu starker Schaumbildung im Blutkompartiment führt, gibt eine Betrachtung der Dialysmembranen. Es zeigte sich nämlich, daß die stärkste

Schaumbildung bei der RP 5 mit 12 μ starker Membran und der GL 13,5 (13,5 μ) auftrat, etwas schwächer bei der GL 17 mit 17 μ starker Membran. Nur die Kapillarniere mit 30 μ dicker Membran lief ohne Schaumbildung. Bei einer so ausgeprägten Abhängigkeit von der Membrandicke wird man Neuentwicklungen wie die Travenol Niere mit 11 μ Membran diesbezüglich genau beobachten müssen.

Reduzieren könnte man die Gasentwicklung sicher mit einer optimalen Dialysatentgasung. Am wirkungsvollsten ist laut HARTITSCH (12) der Einsatz einer Vakuumpumpe mit einem negativen Druck von 600 mm Hg. Unterstützend wirkt bei Zentraltankanlagen eine ausgiebige Wasserumwälzung. Auf alle Fälle sollte nach HARTITSCH (12) das Dialysat beim Eintritt in die Niere einen P_{O_2} von 150 mm Hg nicht überschreiten. Dadurch würde der P_{O_2} Anstieg von arteriell 89 mm Hg auf venös 97 mm Hg im Blut begrenzt. Vor allem im Winter sei dies schwer zu erreichen, da beim Aufheizen des Dialysats von 7° C auf 37° C ein P_{O_2} von 250 mm Hg ausgeübt wird und keine der vorhandenen Entgasungsanlagen (Unterdruck, Umwälzung, Erhitzen auf 65° C mit anschließender Abkühlung) wirklich zufriedenstellend arbeite. Der starke Gasübertritt vom Dialysat ins Blut bei den Plattennieren in Marburg liegt sicher mit daran, daß der Nephromat der holländischen Firma Godart ohne Dialysatentgasung arbeitet. Bei Verwendung der HFAK 4 erübrigt sich aber der nachträgliche Einbau einer Entgasungsanlage den hier gemachten Erfahrungen nach. Die von HARTITSCH (6, 12) angeführte Empfindlichkeit der Kapillarniere gegenüber nicht entgastem Dialysat bezieht sich auf den Typ 3 - daher wohl unter anderem auch der excessiv hohe Blutverlust dieses Modells - und konnte für den Typ 4 nicht festgestellt werden.

FIEGEL (1) u.a. haben allerdings gefunden, daß sich die Effektivität der HFAK 4 steigern und der Blutverlust um $\frac{2}{3}$ senken lassen, wenn man außer der kontinuierlichen Heparinisierung während der Dialyse 5 Minuten vorher 5000 E Heparin i.v. gibt und entgastes Dialysat verwendet. Es konnte aber nicht gezeigt werden, welche der Maßnahmen für die besseren Werte verantwortlich waren.

Eine weitere, nicht geklärte Frage ist, ob die Cuprophane-Membran der Plattenmieren die Adhäsion der Thrombocyten leichter gestattet als die Cellulosefasern der HFAK 4. Bekannt ist lediglich, daß die hohen Blutverluste der HFAK 3 (2, 6), laut HOENICH (5) nach der Cr^{51} -Methode durchschnittlich 11 ml, durch Änderung der Einbettmasse der Kapillaren - früher Silastic, jetzt Polyurethan - deutlich gesenkt wurden. Auch beim Vergleich von Cuprophane PT 250 und PT 325 bei LINDSAY (2) wurde eine verstärkte Adhäsionsbereitschaft der Thrombocyten an der PT 325 Membran nachgewiesen. Ein Membranfaktor könnte also durchaus eine zusätzliche Rolle bei der Gerinnungsneigung spielen.

Bei den hiesigen Versuchen wurde die beim Öffnen der Nieren gefundene Restblutmenge bei der HFAK 4 auf ca. 3-4 ml, bei den Plattenmieren auf ca. 10 ml geschätzt.

Demnach können drei Faktoren in Betracht gezogen werden, um die geringere Effektivität und den größeren Restblutgehalt der Plattenmieren zu erklären:

1. unterschiedliche Strömungsverhältnisse,
2. stärkere Schaumbildung im Blutkompartiment,
3. ein möglicher Membranfaktor, der die Adhäsion der Thrombozyten erleichtert.

Wie man trotz allem bei jeder Niere die Blutrückstände verringern - und damit die Effektivität steigern - kann, zeigten Versuche mit Aspirin und RA 233 (ein Pyrimidin-Präparat) von LINDSAY u.a. (10). Demnach wurde normalerweise während der Dialyse ein Thrombozytenabfall von 39 % im Patientenblut gemessen, der sich durch Gabe von 0,6 g/d Aspirin auf 22 % und 1 g/d RA 233 auf 14 % senken ließ. Die Folge war ein deutlich niedriger Blutverlust. Diese Untersuchungen wurden mit dem früheren Gambro Alwall Dialysator vorgenommen. Wegen der direkten Wirkung der Medikamente auf die Thrombozyten dürften sie aber auf andere Nieren übertragbar sein.

3. Ultrafiltration

Zur Ultrafiltration muß man prinzipiell sagen, daß die in der Literatur oft gefundene Ansicht, eine möglichst hohe Ultrafiltration sei erstrebenswert, nicht unbedingt zu teilen ist (5, 6). In Marburg - und wohl auch in anderen Dialysezentren - stellt sich bei einiger Disziplin in der Einhaltung der Diät meist nicht die Frage, wie dem Patienten möglichst viel Wasser zu entziehen ist, sondern wie die Ultrafiltration so niedrig zu halten ist, daß man mit möglichst wenig Infusionen auskommt. Beim weitaus größeren Teil der Marburger Patienten liegt die pro Dialyse zu entziehende Wassermenge unter 2 Litern - bei 2 Dialysen pro Woche -, was darüber hinaus ausgeschwemmt wird, muß durch Infusionen ersetzt werden.

Somit müßte die Forderung an die Niere lauten:

Geringe Zwangsultrafiltration, möglichst hohe Ultrafiltration bei Bedarf.

Dieser Forderung - mit Betonung auf geringer Zwangsultrafiltration - kommt die HFAK 4 am ehesten nach.

Ein Patient, dem z.B. 500 ml H_2O entzogen werden sollen, wird mit einem negativen Druck von 50 mm Hg mit der HFAK 4 bei einem Flow von 150 ml/min effektiver dialysiert als mit 250 ml/min Flow mit der Platten-niere. Nach der Dialyse mit der HFAK 4 benötigt er aber außer den 250 ml NaCl zum Abschließen meist keine Infusionen, bei der Platten-niere dagegen müssen sicher 1 1/2 - 2 Liter infundiert werden, um das gewünschte Gewicht zu halten. Durch die hohe Zwangsfiltration wird der Elektrolyt- und Säure-Basen-Haushalt gestört, es treten vermehrt Wadenkrämpfe auf; von den vermeidbaren Kosten ganz zu schweigen.

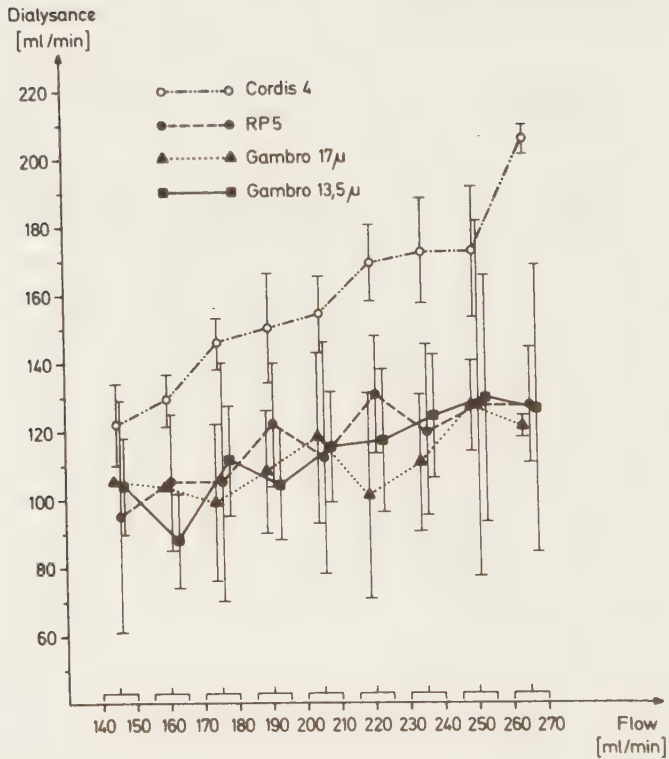
Andererseits kann man mit der HFAK 4 durch hohen negativen Druck, hohe Blutflußgeschwindigkeit und künstliche Erhöhung des Einlaufdruckes (z.B. durch Anlegen einer Klemme an den venösen Schlauch) auf 150 mm Hg leicht 3,5 Liter Wasser in 8 Std. entziehen. Zwar sind hier die Platten-nieren überlegen - bis 4,5 Liter in gleicher Zeit -, aber wenn eine hohe Ultrafiltration nötig erscheint, wäre eine Koppelung von 2 HFAK 4 vermutlich noch wirkungsvoller. FREERKSEN (16) berichtet im Rahmen der Kurzzeitdialyse - 3 1/2 bis 4 Stunden 3 Mal wöchentlich - von einem Wasserentzug von 1,8 - 2,5 kg pro Dialyse mit der HFAK 4 bei einem negativen Druck von - 300 mm Hg und einem Einlaufdruck von 70 - 100 mm Hg. Bei einer achtstündigen Dialyse mit den eben erwähnten Werten würde dann ein Wasserentzug von ca. 5 Litern resultieren, im allgemeinen sicher mehr als genug.

In wie weit mit der Ultrafiltration auch Substanzverluste (Eiweiß, Aminosäuren) auftreten, wurde nicht nachgeprüft. Das schlechte Abschneiden der HFAK 4 bei der Dialysance der "middle molecules" (6, 9) dürfte dabei aber von Vorteil sein, da höhermolekulare Stoffe die dicken Cellulosemembranen schlechter passieren können als die dünnen Cuprophanmembranen.

V ZUSAMMENFASSUNG

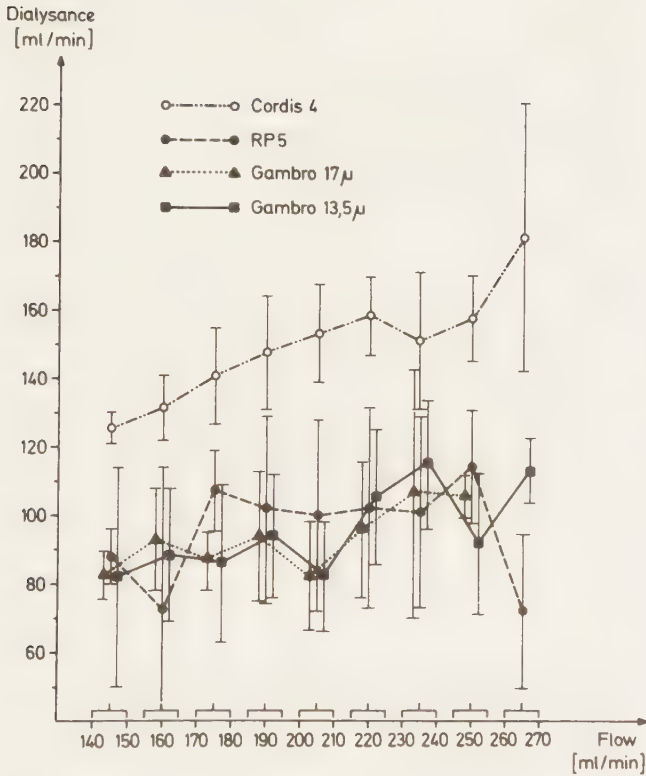
Nach Abschluß der Versuche erschien die HFAK 4 als die geeignetste Niere, um die Dialysebehandlung in Marburg fortzusetzen. Ausschlaggebend dafür waren folgende Gründe:

1. Beste Dialysance (20 - 100 % besser als die Plattenmieren)
2. Geringere Blutrückstände (bei den Plattenmieren doppelt bis dreifach so hoch)
3. Geringe Zwangsultrafiltration - ausreichende Ultrafiltration bei Bedarf
4. Dadurch Einsparung von Infusionen.



Kurve Nr. 1

Dialysance in Abhängigkeit vom Blut-Flow (je 15 ml)
Mittelwerte mit Standardabweichung
- Harnstoff vormittags -

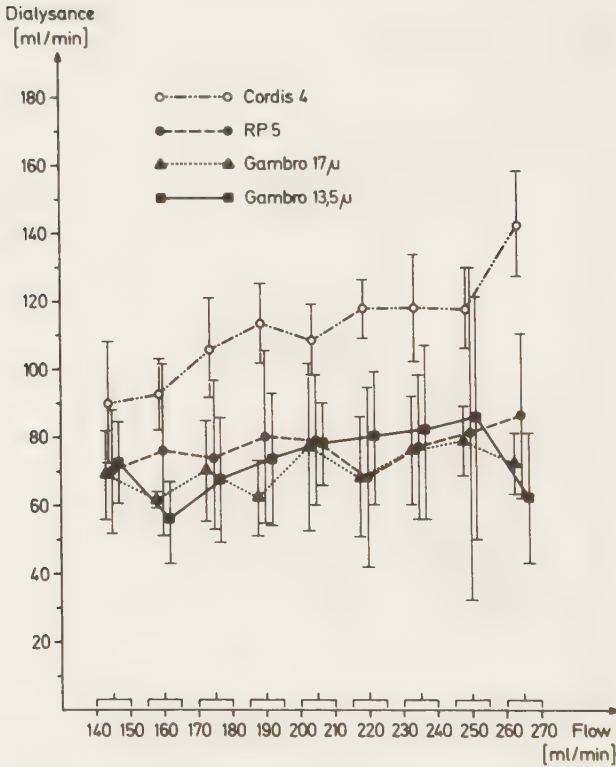


Kurve Nr. 2

Dialysance in Abhängigkeit vom Blutflow (je 15 ml)

Mittelwerte mit Standardabweichung

- Harnstoff nachmittags -

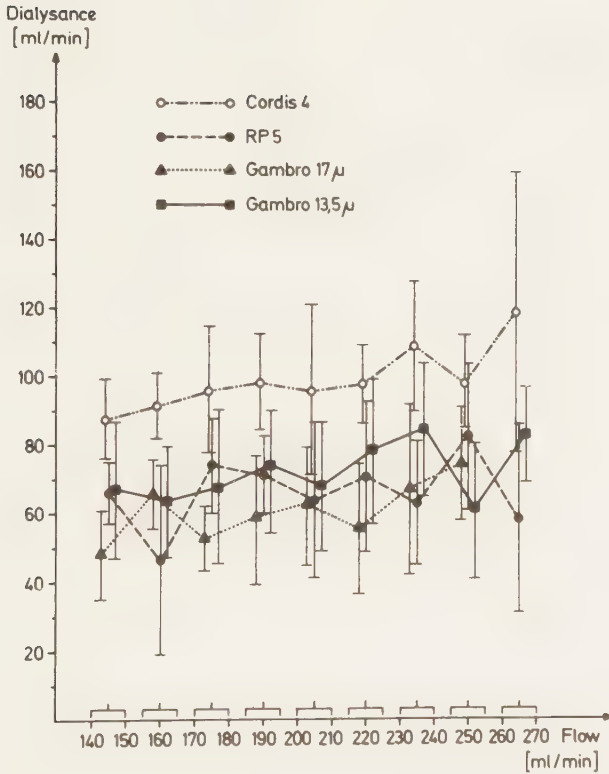


Kurve Nr. 3

Dialysance in Abhängigkeit vom Blutflow (je 15 ml)

Mittelwerte mit Standardabweichung

- Harnsäure vormittags -

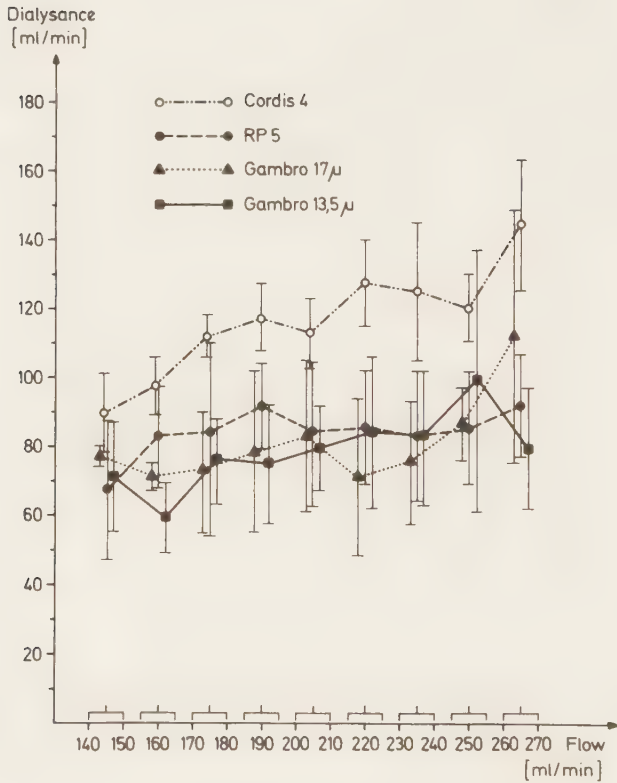


Kurve Nr. 4

Dialysance in Abhängigkeit vom Blutflow (je 15 ml)

Mittelwerte mit Standardabweichung

- Harnsäure nachmittags -

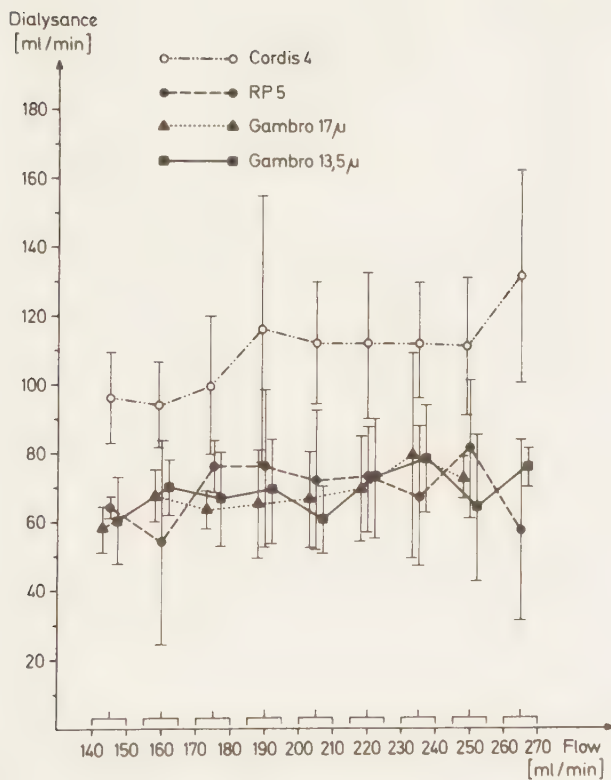


Kurve Nr. 5

Dialysance in Abhängigkeit vom Blutflow (je 15 ml)

Mittelwerte mit Standardabweichung

- Kreatinin vormittags -

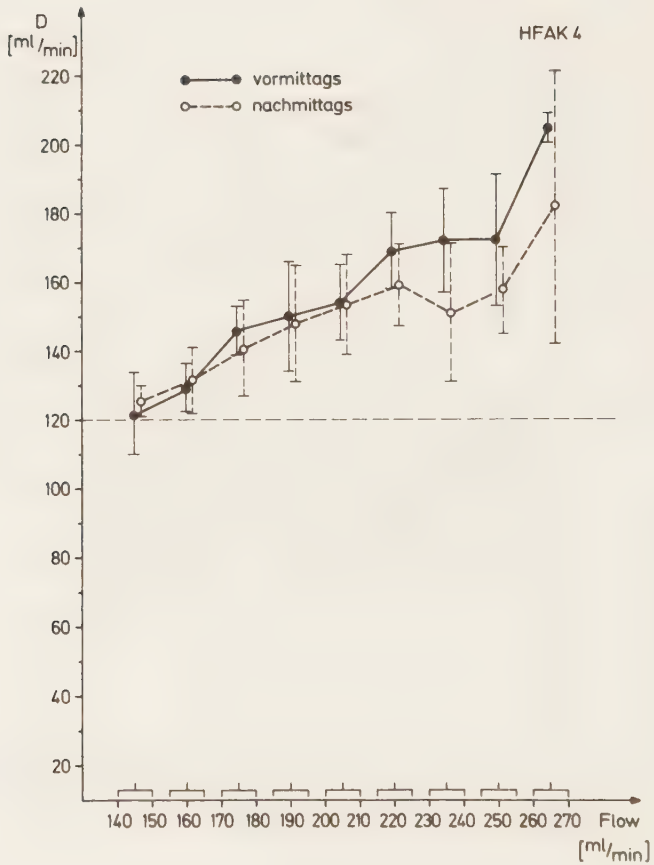


Kurve Nr. 6

Dialysance in Abhängigkeit vom Blutflow (je 15 ml)

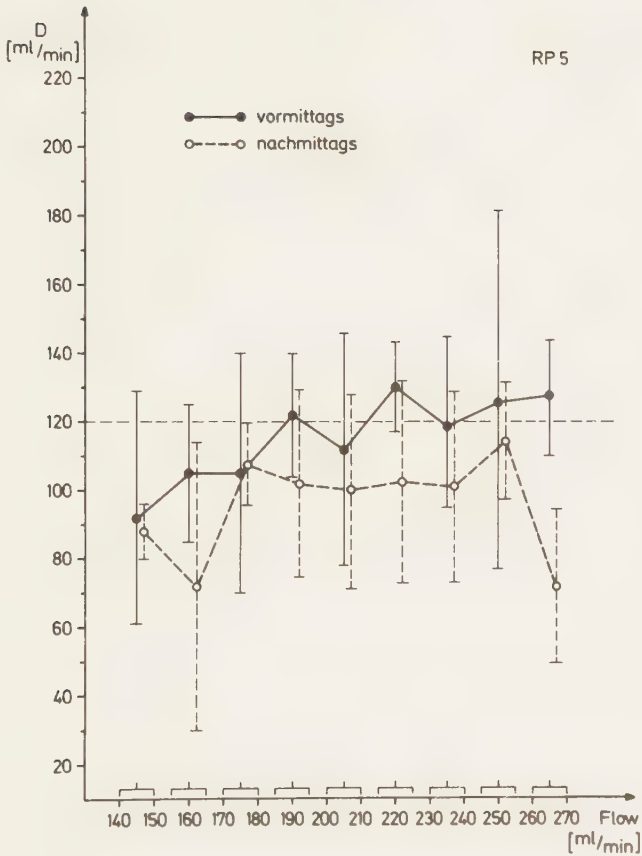
Mittelwerte mit Standardabweichung

- Kreatinin nachmittags -



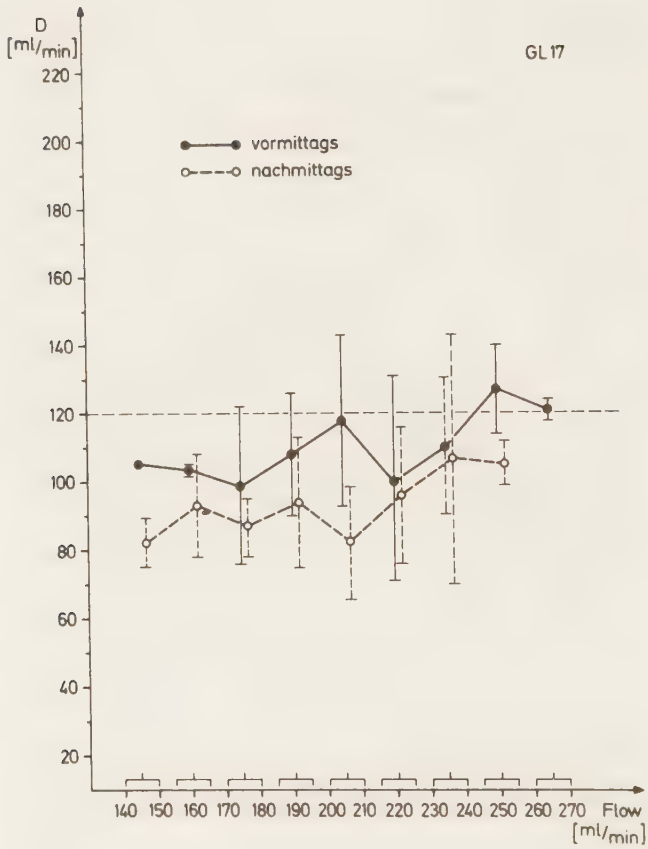
Kurve Nr. 7

Harnstoff-Dialysance in Abhängigkeit vom Blutflow
(je 15 ml), Mittelwerte mit Standardabweichung



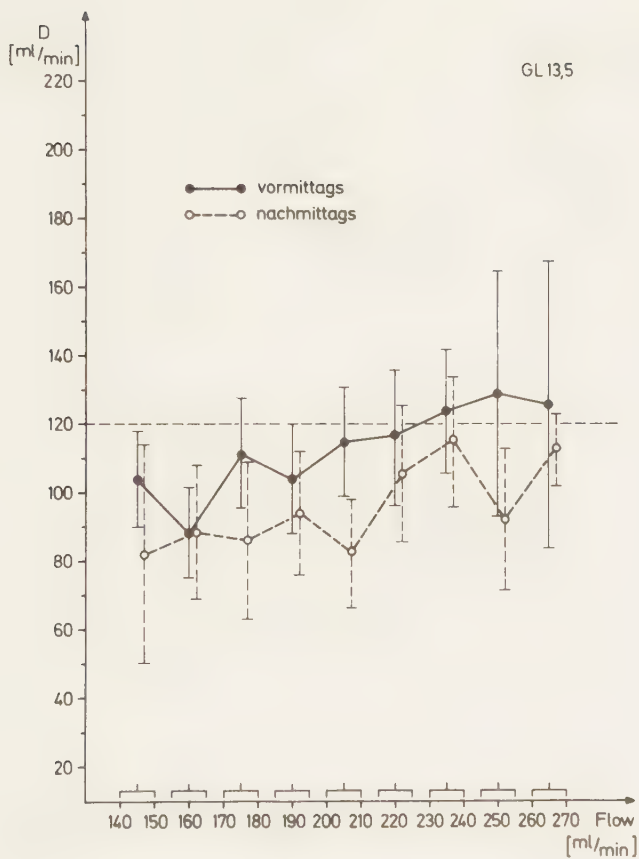
Kurve Nr. 8

Harnstoff-Dialysance in Abhängigkeit vom Blutflow
(je 15 ml), Mittelwerte mit Standardabweichung



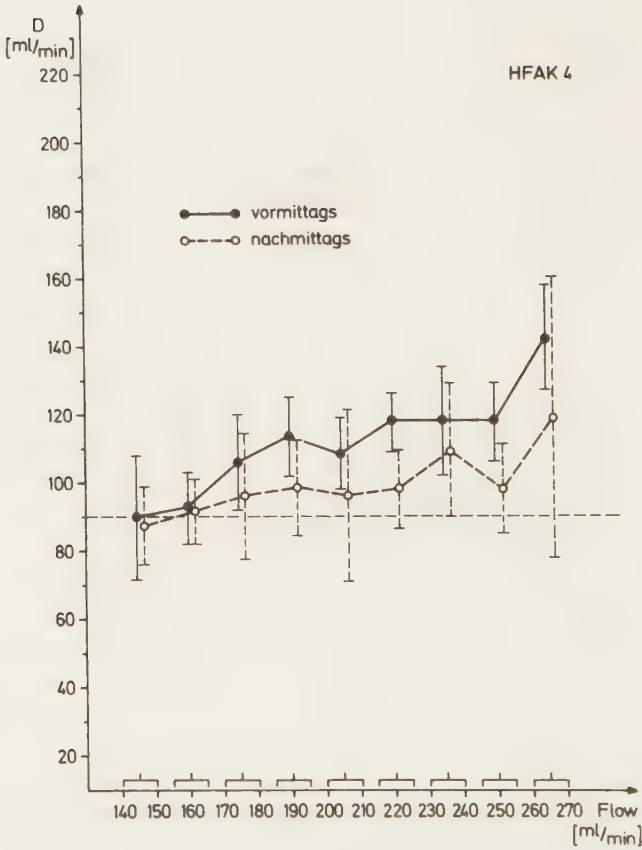
Kurve Nr. 9

Harnstoff-Dialysance in Abhängigkeit vom Blutflow
(je 15 ml), Mittelwerte mit Standardabweichung



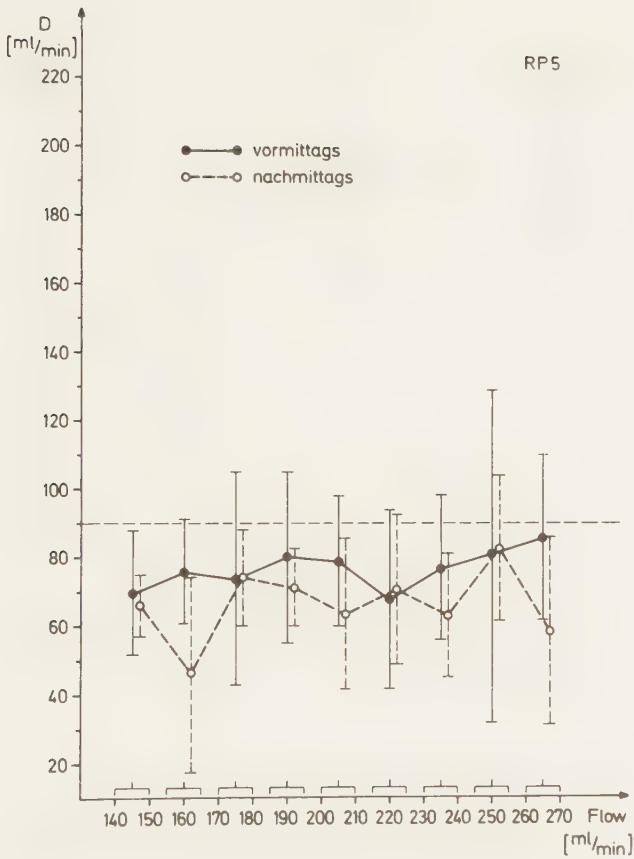
Kurve Nr. 10

Harnstoff-Dialysance in Abhängigkeit vom Blutflow
(je 15 ml), Mittelwerte mit Standardabweichung



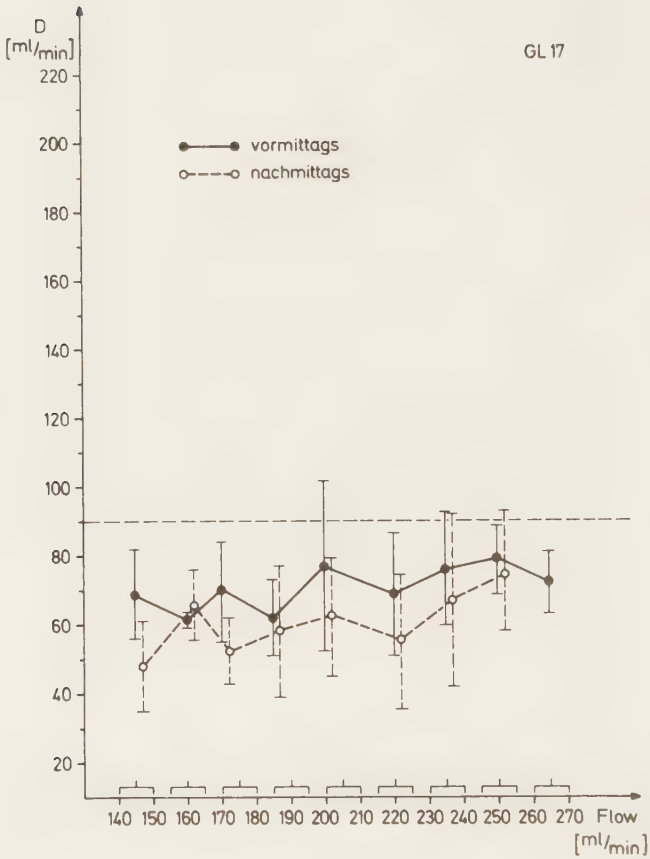
Kurve Nr. 11

Harnsäure-Dialysance in Abhängigkeit vom Blutflow
(je 15 ml), Mittelwerte mit Standardabweichung



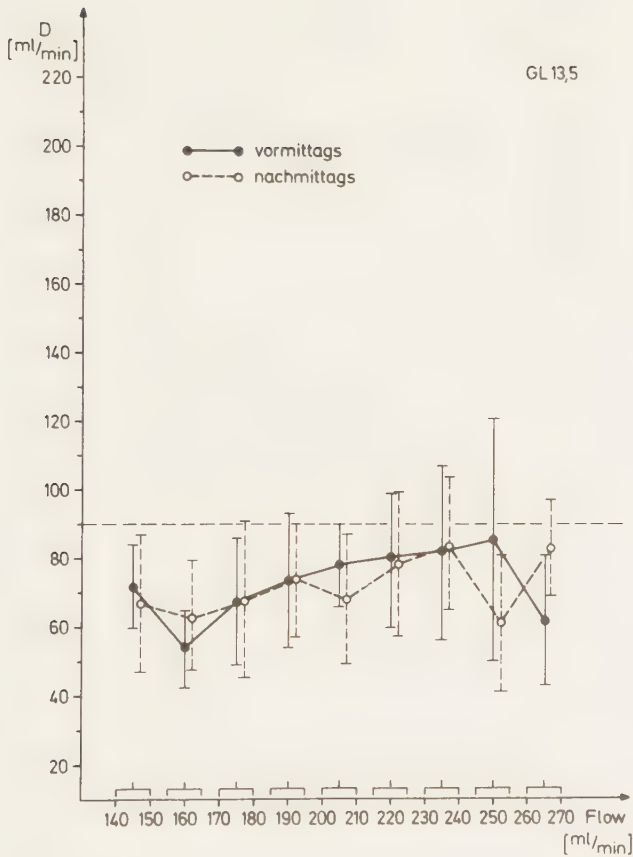
Kurve Nr. 12

Harnsäure-Dialysance in Abhängigkeit vom Blutflow
(je 15 ml), Mittelwerte mit Standardabweichung



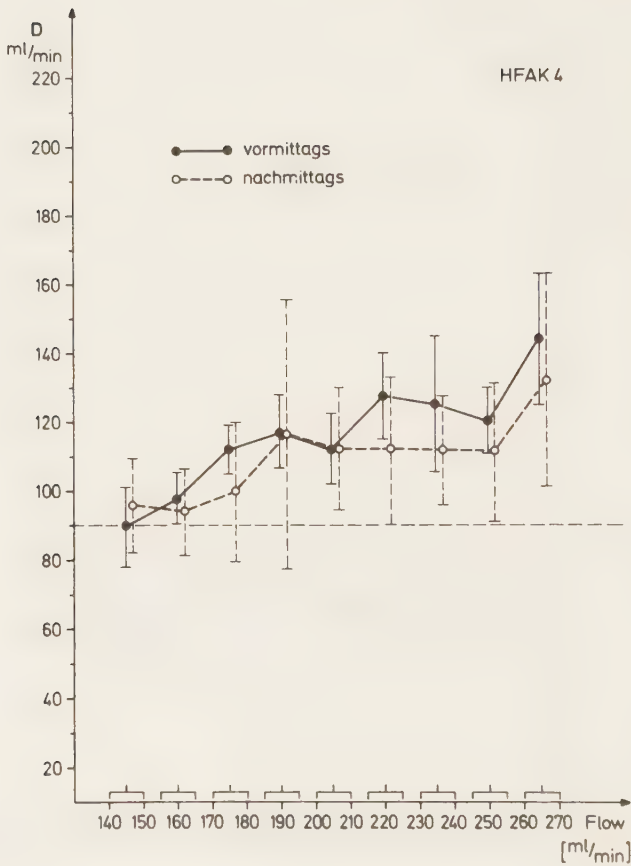
Kurve Nr. 13

Harnsäure-Dialysance in Abhängigkeit vom Blutflow
(je 15 ml), Mittelwerte mit Standardabweichung



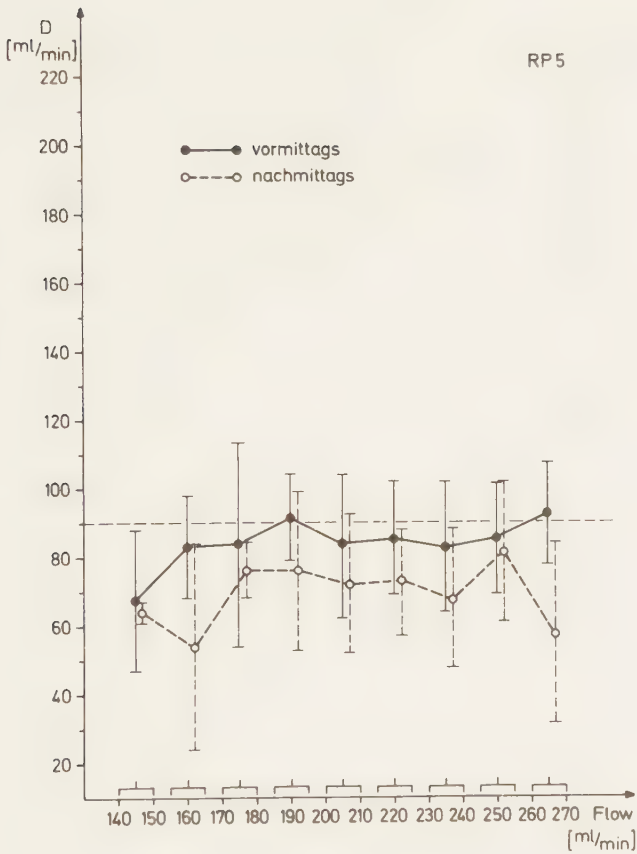
Kurve Nr. 14

Harnsäure-Dialysance in Abhängigkeit vom Blutflow
(je 15 ml), Mittelwerte mit Standardabweichung



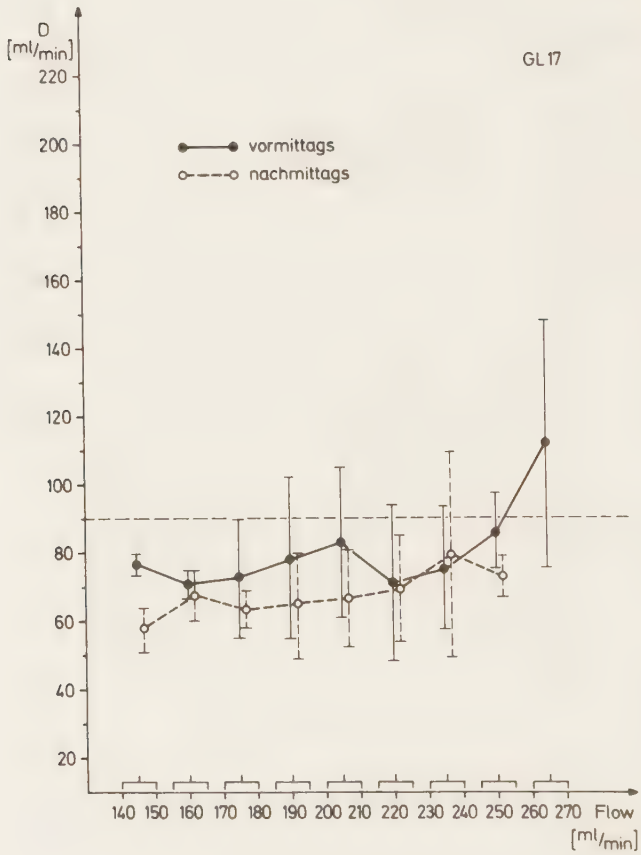
Kurve Nr. 15

Kreatinin-Dialysance in Abhängigkeit vom Blutflow
(je 15 ml), Mittelwerte mit Standardabweichung



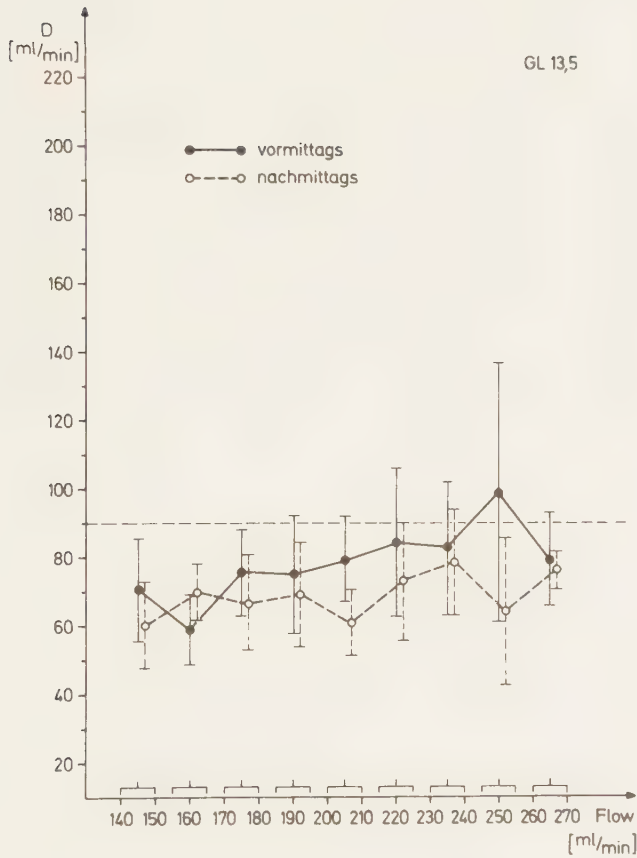
Kurve Nr. 16

Kreatinin-Dialysance in Abhängigkeit vom Blutflow
(je 15 ml), Mittelwerte mit Standardabweichung



Kurve Nr. 17

Kreatinin-Dialysance in Abhängigkeit vom Blutflow
(je 15 ml), Mittelwerte mit Standardabweichung



Kurve Nr. 18

Kreatinin-Dialysance in Abhängigkeit vom Blutflow
(je 15 ml), Mittelwerte mit Standardabweichung

VII STATISTISCHER ANHANG

HFAK 4 Harnstoff vormittags

Flow	n	Mittelwert	St.Abw.	St.Abw.F.	Var.Koeff.
140-150	4	121,75	11,98	4,24	0,09
155-165	8	129,50	6,99	1,75	0,05
170-180	12	146,20	7,36	1,44	0,05
185-195	8	150,25	16,46	4,12	0,11
200-210	14	153,86	11,30	2,13	0,07
215-225	8	168,63	11,30	2,83	0,06
230-240	17	171,88	15,23	2,61	0,08
245-255	11	172,25	18,62	3,80	0,11
260-270	3	204,66	4,16	1,70	0,02

HFAK 4 Harnstoff nachmittags

140-150	6	125,66	4,50	1,30	0,03
155-165	8	131,50	9,40	2,30	0,07
170-180	8	140,87	14,38	3,59	0,10
185-195	10	147,70	16,75	3,74	0,11
200-210	10	153,50	14,76	3,30	0,09
215-225	14	158,70	12,12	2,30	0,07
230-240	15	151,53	19,78	3,60	0,13
245-255	8	158,00	12,55	3,18	0,07
260-270	2	182,00	39,59	19,70	0,22

HFAK 4 Harnsäure vormittags

Flow	n	Mittelwert	St.Abw.	St.Abw.F.	Var.Koeff.
140-150	4	89,75	18,28	6,46	0,20
155-165	8	92,87	10,55	2,63	0,11
170-180	12	106,33	14,37	2,93	0,13
185-195	8	113,62	11,52	2,88	0,10
200-210	14	108,50	10,40	1,96	0,09
215-225	8	117,87	8,45	2,11	0,07
230-240	17	117,81	15,74	2,78	0,13
245-255	10	117,50	11,53	2,57	0,09
260-270	3	142,30	15,27	6,23	0,10

HFAK 4 Harnsäure nachmittags

140-150	6	87,60	11,32	3,26	0,12
155-165	8	91,92	9,54	2,38	0,10
170-180	8	96,00	18,57	4,64	0,19
185-195	10	98,50	14,07	3,14	0,14
200-210	12	96,00	24,91	5,08	0,25
215-225	12	98,00	11,61	2,37	0,11
230-240	13	109,00	19,10	3,73	0,17
245-255	8	98,37	13,68	3,42	0,13
260-270	2	119,00	41,00	20,50	0,34

HFAK 4 Kreatinin vormittags

Flow	n	Mittelwert	St.Abw.	St.Abw.F.	Var.Koeff.
140-150	4	89,50	11,67	4,12	0,13
155-165	8	97,50	8,34	2,10	0,08
170-180	12	112,10	6,74	1,37	0,06
185-195	8	117,35	10,86	2,70	0,09
200-210	12	112,83	10,29	2,10	0,09
215-225	7	127,42	12,50	3,34	0,09
230-240	17	125,26	20,34	3,70	0,16
245-255	11	120,36	9,70	2,10	0,08
260-270	3	144,00	18,73	7,64	0,13

HFAK 4 Kreatinin nachmittags

140-150	5	96,00	13,45	4,25	0,14
155-165	5	94,00	12,50	3,95	0,13
170-180	9	99,70	20,28	4,78	0,20
185-195	10	116,40	38,90	8,69	0,33
200-210	11	112,18	17,86	3,80	0,15
215-225	13	111,92	21,59	4,23	0,19
230-240	14	111,92	15,67	2,96	0,14
245-255	8	111,50	20,11	5,10	0,18
260-270	2	132,00	31,11	15,55	0,23

RP 5 Harnstoff vormittags

Flow	n	Mittelwert	St.Abw.	St.Abw.F.	Var.Koeff.
140-150	5	95,20	24,48	7,74	0,26
155-165	3	105,30	20,10	8,21	0,19
170-180	8	104,75	35,28	8,82	0,34
185-195	4	121,75	17,65	6,24	0,14
200-210	9	112,10	33,70	7,96	0,28
215-225	4	130,50	12,80	4,52	0,09
230-240	12	119,00	25,73	5,25	0,21
245-255	6	126,60	54,98	15,87	0,44
260-270	5	127,60	17,40	5,50	0,14

RP 5 Harnstoff nachmittags

140-150	4	88,25	8,30	2,90	0,09
155-165	5	72,40	42,40	13,40	0,58
170-180	4	107,50	11,73	4,15	0,10
185-195	5	102,00	27,43	8,67	0,26
200-210	8	100,25	28,40	7,10	0,28
215-225	9	102,50	29,63	6,98	0,28
230-240	10	100,90	28,35	6,34	0,28
245-255	6	114,50	17,16	4,95	0,15
260-270	6	72,33	22,62	6,53	0,31

RP 5 Harnsäure vormittags

Flow	n	Mittelwert	St.Abw.	St.Abw.F.	Var.Koeff.
140-150	6	70,00	18,00	5,20	0,25
155-165	3	76,00	14,73	6,10	0,20
170-180	8	74,12	31,11	7,70	0,42
185-195	4	80,25	25,37	8,96	0,31
200-210	10	79,20	19,10	4,25	0,24
215-225	5	68,40	26,26	8,30	0,38
230-240	11	77,18	21,24	4,53	0,27
245-255	8	81,00	48,59	12,15	0,60
260-270	5	86,00	23,82	7,53	0,27

RP 5 Harnsäure nachmittags

140-150	3	66,00	8,84	4,24	0,12
155-165	5	46,60	27,61	8,73	0,59
170-180	4	74,00	14,12	4,99	0,20
185-195	6	71,16	11,43	3,29	0,16
200-210	8	63,63	22,10	5,51	0,35
215-225	10	70,60	22,15	4,95	0,31
230-240	7	63,00	18,38	4,60	0,29
245-255	8	82,62	21,70	5,43	0,26
260-270	5	58,60	27,26	8,62	0,46

RP 5 Kreatinin vormittags

Flow	n	Mittelwert	St.Abw.	St.Abw.F.	Var.Koeff.
140-150	6	67,60	20,38	5,88	0,30
155-165	3	83,00	15,13	6,17	0,18
170-180	7	83,71	29,70	7,94	0,35
185-195	4	91,50	12,50	4,42	0,14
200-210	10	83,90	20,66	4,62	0,25
215-225	5	85,40	16,70	5,28	0,19
230-240	12	83,30	19,30	3,94	0,23
245-255	8	85,37	16,15	11,53	0,54
260-270	5	92,20	14,82	4,68	0,16

RP 5 Kreatinin nachmittags

140-150	3	64,00	3,00	1,20	0,05
155-165	5	54,00	29,71	9,40	0,55
170-180	4	76,25	7,88	2,78	0,10
185-195	5	75,80	23,15	7,32	0,31
200-210	8	72,25	20,20	5,10	0,28
215-225	9	72,88	15,59	3,67	0,21
230-240	10	67,60	20,20	4,52	0,29
245-255	8	81,60	20,90	5,23	0,25
260-270	4	57,50	26,90	9,50	0,47

Gambro 13,5 Harnstoff vormittags

Flow	n	Mittelwert	St.Abw.	St.Abw.F.	Var.Koeff.
140-150	2	104,00	14,14	7,10	0,13
155-165	7	88,57	13,24	3,54	0,15
170-180	8	111,50	15,70	3,92	0,14
185-195	9	104,30	16,00	3,77	0,15
200-210	6	115,16	16,45	4,75	0,14
215-225	16	117,20	21,20	3,88	0,18
230-240	10	124,30	17,90	4,00	0,14
245-255	10	128,90	35,75	7,99	0,27
260-270	5	126,00	41,78	83,21	0,33

Gambro 13,5 Harnstoff nachmittags

140-150	5	82,00	32,38	10,24	0,39
155-165	7	88,57	19,69	5,26	0,22
170-180	6	86,30	23,33	6,73	0,27
185-195	10	94,30	17,99	4,00	0,19
200-210	8	82,50	16,10	4,00	0,19
215-225	14	105,70	20,12	3,80	0,19
230-240	12	115,60	19,00	3,88	0,16
245-255	4	92,25	20,74	7,30	0,22
260-270	2	113,00	9,89	4,95	0,08

Gambro 13,5 Harnsäure vormittags

Flow	n	Mittelwert	St.Abw.	St.Abw.F.	Var.Koeff.
140-150	2	72,50	12,00	6,00	0,16
155-165	6	53,83	11,34	3,27	0,21
170-180	7	67,57	18,82	5,00	0,28
185-195	10	73,70	19,69	4,40	0,26
200-210	6	78,00	12,37	3,57	0,16
215-225	14	79,85	19,57	3,69	0,24
230-240	10	81,80	25,64	5,73	0,31
245-255	9	85,40	35,79	8,44	0,42
260-270	4	62,00	19,40	6,86	0,31

Gambro 13,5 Harnsäure nachmittags

140-150	5	67,20	19,73	6,23	0,29
155-165	7	63,71	15,96	4,26	0,25
170-180	6	67,50	22,95	6,62	0,34
185-195	10	73,80	16,50	3,69	0,22
200-210	7	68,14	18,95	5,10	0,28
215-225	13	78,54	21,20	4,15	0,27
230-240	12	84,41	19,32	3,94	0,23
245-255	4	61,00	19,66	6,95	0,32
260-270	2	83,00	14,14	7,10	0,17

Gambro 13,5 μ Kreatinin vormittags

Flow	n	Mittelwert	St.Abw.	St.Abw.F.	Var.Koeff.
140-150	2	71,00	15,55	7,77	0,22
155-165	6	59,16	10,18	2,94	0,17
170-180	8	75,87	12,63	3,15	0,16
185-195	9	74,88	17,26	4,10	0,23
200-210	6	79,60	12,72	3,67	0,16
215-225	14	84,21	21,83	4,12	0,26
230-240	10	82,70	19,64	4,39	0,24
245-255	9	99,10	38,10	8,97	0,39
260-270	4	79,5	13,82	4,88	0,17

Gambro 13,5 μ Kreatinin nachmittags

140-150	5	60,20	12,72	4,00	0,21
155-165	6	70,00	8,36	2,40	0,12
170-180	5	66,60	13,97	4,42	0,21
185-195	10	69,00	15,56	3,48	0,23
200-210	8	60,75	9,73	2,43	0,16
215-225	13	72,92	17,32	3,39	0,24
230-240	12	78,41	15,36	3,13	0,19
245-255	4	64,00	21,46	7,58	0,33
260-270	2	76,00	5,65	2,83	0,07

Gambro 17 μ Harnstoff vormittags

Flow	n	Mittelwert	St.Abw.	St.Abw.F.	Var.Koeff.
140-150	2	105,00	0	0	0
155-165	2	103,50	0,70	0,35	0,007
170-180	6	99,16	22,63	6,53	0,23
185-195	6	108,30	18,47	5,30	0,17
200-210	6	117,83	25,12	7,25	0,21
215-225	7	100,57	30,24	8,08	0,30
230-240	9	110,50	20,42	4,80	0,18
245-255	4	127,25	13,20	4,67	0,10
260-270	2	121,00	2,82	1,41	0,02

Gambro 17 μ Harnstoff nachmittags

140-150	3	82,60	7,02	2,87	0,08
155-165	4	93,00	14,80	5,25	0,16
170-180	4	86,75	8,99	3,18	0,10
185-195	8	94,25	18,84	4,70	0,20
200-210	8	82,50	16,10	4,00	0,20
215-225	5	96,20	20,00	6,34	0,21
230-240	7	106,25	36,50	9,77	0,34
245-255	6	105,60	6,12	1,76	0,06
260-270					

Gambro 17 Harnsäure vormittags

Flow	n	Mittelwert	St.Abw.	St.Abw.F.	Var.Koeff.
140-150	2	69,00	12,73	6,36	0,18
155-165	2	61,50	2,12	1,10	0,03
170-180	6	69,83	14,74	4,25	0,21
185-195	5	62,20	10,92	3,45	0,17
200-210	5	77,00	24,68	7,81	0,32
215-225	7	68,71	17,90	4,78	0,26
230-240	9	76,10	16,47	3,88	0,22
245-255	4	78,50	9,95	3,52	0,13
260-270	2	72,50	9,19	4,59	0,13

Gambro 17 Harnsäure nachmittags

140-150	3	48,00	13,00	5,31	0,27
155-165	4	65,75	10,27	3,63	0,15
170-180	4	52,70	9,39	3,32	0,18
185-195	8	58,50	19,10	4,76	0,32
200-210	5	62,40	17,14	5,42	0,27
215-225	8	55,62	18,93	4,73	0,34
230-240	7	67,00	25,14	6,72	0,37
245-255	6	74,50	16,35	4,72	0,22
260-270					

Gambro 17 μ Kreatinin vormittags

Flow	n	Mittelwert	St.Abw.	St.Abw.F.	Var.Koeff.
140-150	2	77,00	2,83	1,41	0,04
155-165	2	71,00	4,24	2,12	0,06
170-180	6	72,83	17,43	5,10	0,24
185-195	6	78,30	23,75	6,85	0,30
200-210	5	83,00	22,10	6,98	0,26
215-225	8	71,25	22,89	5,72	0,32
230-240	9	75,50	18,00	4,24	0,24
245-255	4	86,50	10,60	3,77	0,12
260-270	2	112,00	36,77	18,38	0,33

Gambro 17 μ Kreatinin nachmittags

140-150	6	58,30	7,53	3,10	0,13
155-165	7	67,50	7,85	2,77	0,12
170-180	8	63,50	5,26	1,86	0,08
185-195	5	64,87	15,85	3,96	0,24
200-210	8	66,60	14,00	4,43	0,21
215-225	4	69,50	15,67	3,92	0,22
230-240	4	79,14	29,78	7,96	0,37
245-255	3	73,30	6,05	1,75	0,08
260-270					

VIII LITERATURVERZEICHNIS

- 1) P. FIEGEL, H. KÖHLER, H. GAMM:
Effektivität und Blutverlust der HFAK 4
Aus der Mediz. Klinik Direktor Prof. Dr.
H.P. Wolff und der Abt. für Hämatologie,
Vorsteher Prof. Dr. J. Fischer der Joh.
Gutenberg Univ. Mainz 1975
- 2) R. M. LINDSAY, J. A. BURTON, N. EDWARD, H.J. DARGIE,
C. R. M. PRENTICE, A.C. KENNEDY:
Dialyser Blood Loss
Clinical Nephrology Vol. 1 No 1 (1973)
29 - 34
- 3) F. W. ALBERT, H. KREITER, G. LEUBE:
Antikoagulantien und Fibrinolytika in
der Hämodialyse-Behandlung
Therapiewoche 9 (1972) 677
- 4) J. LAAS:
Methodischer Beitrag zur extracorporalen
Leberassistenz bei durch 4,4' Diamino-
diphenylmethan induziertem Leberscha-
den beim Schwein.
Inaugural Dissertation Marburg (1975)
23-27
- 5) N.A. HOENICH, D. JOLLY, B. REED, D. N. S. KERR:
The Cordis Dow HFAK 4 Capillary Dialyser
Newcastle upon Tyne (1973) Report No 16
- 6) B. HARTITSCH, N.A. HOENICH, P. SAMSON, J. ERIKSON,
R. ASHCROFT, D.N.S. KERR:
A Clinical Evaluation of New Dialysers
Kidney Int. vol. 3 (1973) 35 - 45

- 7) DEUTSCH-GEYER: Laboratoriumsdiagnostik
Verlag August Steinkopf, Berlin (1969)
210
- 8) F.A. GOTCH, J.A. SARGENT, M.L. KEEN, M. SEID, R. FOSTER:
Comparative Treatment Time with Kiil,
Gambro and Cordis Kidneys
Proc. Clin. Dial. Transplant. Forum
(1973) 3: 217 - 228
- 9) J.H. SHINABERGER, J.H. MILLER, M.G. ROSENBLATT, P.W.
GARDENER, G.W. CARPENTER, F.E. MARTIN:
Clinical Studies of "Low Flow" Dialysis
with Membranes Highly Permeable to
Middle Weight Molecules
Trans. Am. Soc. Artif. Int. Organs 18
(1972) 82-84
- 10) R.M. LINDSAY, C.R.M. PRENTICE, D. FERGUSON, J.A. BURTON,
G.P. Mc NICOL: Reduktion of the Thrombus Formation
on Dialyser Membranes by Aspirin and
RA 233
Lancet II (1972) 1287 - 1290
- 11) W. MUIR, R.M. LINDAY, J.F. DAVIDSON:
Blood Loss During Hemodialysis
Proceedings of the EDTA Vol III (1970) 69
- 12) B. HARTITSCH, N.A. HOENICH, J. JOHNSON, R.A.L. BREVIS,
D.N.S. KERR: The Problem of Deaeration-Cause, Conse-
quence, Cure
EDTA Vol 9 (1972) 605 - 610

- 13) M.W. MUIR: Editorial Review, The Choice
EDTA Vol 3 (1971) 378
- 14) R. LINDSAY, C. PRENTICE, J. DAVIDSON, J. BURTON,
G. Mc NICOL: Hemostatic Changes During Dialysis
Associated with Thrombus Formation
on Dialysis Membranes
Brit. Med. J. 4 (1972) 454 - 458
- 15) P. KRAMER, E. QUELLHORST, H.V. HENNING, F. SCHELER:
Ultrafiltrationsleistung und Dialysance
verschiedener künstlicher Nieren
Nephrol. Abt. der Med. Univ. Kl. Göttingen
(1969)
- 16) E. FREEKSEN: Erfahrungen mit Kurzzeitdialyse
Internist. Praxis 16 (1976) 575 - 577

Für die Überlassung des Themas, die Unterstützung und Beratung während der gesamten Arbeit sowie für die Übernahme des Referates bin ich Herrn Prof. Dr. H. Lange zu großem Dank verpflichtet.

Herrn Doz. Dr. W.-D. Gassel danke ich für die Übernahme des Correferates.

Ferner danke ich allen, die mich bei der Durchführung meiner Versuche unterstützt haben, vor allem dem leitenden Dialyse-Techniker Herrn O. Knauth.

LEBENS LAUF

Ich, Rainer Harald Franckenberg, wurde am 29.4.1948 in Hannover als erstes Kind meiner Eltern Dieter Franckenberg und seiner Ehefrau Elfriede geboren. Ich habe noch zwei Geschwister, Brigitte, geb. am 2.8.1950 und Thomas, geb. am 9.11.1956.

Die Volksschule besuchte ich von 1954 - 1958 in München und Berlin, die höhere Schule in München, Augsburg und in Schondorf am Ammersee, wo ich am 30.6.1969 das Reifezeugnis erhielt.

Im Sommersemester 1970 begann ich das Medizinstudium in Marburg, legte dort am 26.3.1971 das Vorphysikum, am 26.3.1973 das Physikum und am 6.8.1976 das Staatsexamen ab.

Am 31.8.1976 heiratete ich Annebärbel Hüther, derzeit als Zahnärztin an der Zahnklinik der Universität Marburg angestellt.

Während der Med.-Ass. Zeit vom 1.10.1976 - 30.9.1977 arbeitete ich 5 Monate in der Mediz. Poliklinik, 3 Monate in der Univ.-Kinderklinik und 4 Monate in der Chirurgie im Diakonie-Krankenhaus Wehrda.

Am 1.10.1977 wurde ich als Stabsarzt zur Bundeswehr eingezogen und bin jetzt bis zum 22.12.1978 in Arolsen 6 stationiert.

Meine akademischen Lehrer waren die Damen und Herren
Professoren und Dozenten:

Amon, Arndt, Aziz, Barthelmai, Bode, Braasch, Buchholz,
Castenholz, Daume, Denicke, Dimroth, Dittrich, Dombrowsky,
Egbrink, Eißner, Eschenbach, Exner, Friederich, Ganz,
Golenhofen, Graul, Haberich, Hamelmann, Hamm, Hardewig,
Havemann, Hensel, Hering, Hess, Hildebrandt, Hilgermann,
Hort, Huch, Jacob, Kaffarnik, Kalbfleisch, Karl, Karlson,
Klaus, Klein, Kleinsasser, Koecke, Koransky, Kühnel,
Lange, Langer, Lauer, Lauth, Linneweh, Ludwig, Lütcke,
Mannheim, Maroske, Martini, Nultsch, Oepen, Petry, Pots,
Priebe, Richter, Riecken, Rodeck, Rohen, Rupec, Schiff,
Schleyer, Schmid, Schmitz-Moormann, Schneider, Seidl,
Siegert, Solcher, Straub, Thoenes, Walcher, Wehrmeyr,
Welge-Lüßen, Willenbockel.

